

УДК 633.282:631.524.82

## Визначання площі листкової поверхні в різних видів міскантусу розрахунковим методом

В. М. Квак\*, О. М. Ганженко, П. Ю. Зиков, О. Б. Хіврич

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110,  
\*e-mail: kvak-vm@ukr.net

**Мета.** Розробити методику визначання площі листкової поверхні методом вимірювання довжини і ширини листка та визначити емпіричним способом перевідні коефіцієнти, що будуть відображати співвідношення між площею листка та добутком його довжини на ширину для різних сортів та гібридів міскантусу (*Miscanthus*). **Методи.** Польовий, лабораторний, аналітичний та статистичний. **Результати.** Відомо ряд методів (висічок, розрахунковий, за допомогою міліметрового паперу або сканера) визначання площі листкової поверхні рослин, однак вони адаптовані під конкретні рослини і не можуть безпосередньо бути використані для визначання площі листкової поверхні рослин міскантусу. Тому в статті висвітлено результати дослідження з визначання площі листкової поверхні рослин міскантусу, як добутку довжини та ширини листка ( $L$  та  $B$ ), а також перевідного коефіцієнта ( $k$ ). Встановлено кореляційні залежності ( $r = 0,918...0,975$ ) між площею листової поверхні та лінійними розмірами листка ( $L$  та  $B$ ), побудовано графіки регресії, на основі яких розраховано перевідні коефіцієнти різних сортів та гібридів міскантусу. Проведено експериментальну перевірку і оцінку точності визначання площі поверхні листків міскантусу різними методами: сканування та розрахунковий метод. **Висновки.** Площу листкової поверхні різних сортів та гібридів міскантусу доцільно визначити розрахунковим методом як добуток довжини, ширини листка та перевідного коефіцієнта форми листка:  $S = k \cdot L \cdot B$ , де  $k$  – безрозмірний емпіричний коефіцієнт, що відображає співвідношення між площею листка та добутком його довжини на ширину;  $L$  та  $B$  – довжина та ширина листка, см. Значення перевідного коефіцієнта для кожного сорту чи гібрида індивідуальне і коливається від  $k = 0,476 \pm 0,029$  (сорт 'Снігова королева') до  $k = 0,724 \pm 0,017$  (гібрид 'Late'). Ця методика дає змогу без знищення рослин міскантусу визначити площу їх листків досить легко, швидко та з високою точністю (середня відносна похибка становить  $\pm 4,1$  %).

**Ключові слова:** міскантус, листкова поверхня, площа листкової поверхні, перевідний коефіцієнт, довжина та ширина листка.

### Вступ

За рахунок високої продуктивності та якості біомаси, низьких витрат на вирощування, міскантус (*Miscanthus*) є перспективною біоенергетичною культурою. Стебла міскантусу містять до 96 % горючих елементів (целюлози, геміцелюлози, лігніну) і лише близько 4 % золи, що позитивно впливає на теплотворну здатність твердого біопалива, виготовленого з нього. Хоча енергетично корисні речовини накопичуються у стеблах рослин, їх утворення відбувається переважно в листках за рахунок фотосинтезу, як основного джерела формування біомаси [1]. Тому площа листкової поверхні є цінним сільськогосподарським показником, який дає змогу спланувати майбутній урожай, визначити стан розвитку рослин на час обліку тощо. Визначення площі листкової поверхні є досить складним процесом, оскільки форма та розмір листків змінюється протягом усього вегетаційного періоду. Окрім того, форма листкової пластинки дуже різноманітна та важко піддається вимірюванню [2]. Тому, розробка сучасної методики визначання площі листкової поверхні міскантусу є важливою складовою розкриття біоенергетичного потенціалу цієї культури.

Відомо ряд методів визначання площі листкової поверхні рослин [2–15]. Найбільшого поширення набув метод висічок, який базується на співставленні маси листка та маси висічки відомої площі з цього листка. Не менш поширеним є розрахунковий метод, який ґрунтується на

кореляційних зв'язках між площею листка та його розмірами (довжиною, шириною), при цьому використовується перевідний коефіцієнт. Відомі способи безпосереднього визначання площі листкового апарата, які полягають у нанесенні контурів листка на міліметровий папір, накладанні на листок градуїрованої сітки (палетки) з наступним підрахунком площі [3] або скануванні поверхні листка [4].

Над розробкою методів визначання площі листкової поверхні різних сільськогосподарських культур працювали такі вчені та дослідники, як Г. З. Берсон (томати) [5], Н. Г. Гизбуллин (насінники буряків) [6], В. В. Николенко та Н. И. Федоряко (полуниця) [7, 8], L. Williams та F. J. Montero (виноград) [9, 10], F. Stickler (сорго) [4, 11] та інші.

Проаналізувавши вище згадувані методи визначення площі листкової поверхні ми дійшли висновку, що найбільш легким і швидким у застосуванні є розрахунковий метод, який ґрунтується на кореляційних зв'язках між площею листка та його розмірами (довжиною, шириною), при цьому використовується перевідний коефіцієнт. Ще однією перевагою є те, що методика дає змогу без знищення рослин міскантусу визначати площу їх листків (це важливо коли кількість досліджуваних рослин у досліді є обмеженою).

**Мета досліджень** – розробити методу визначання площі листкової поверхні методом вимірювання довжини і ширини листка та визначити емпіричним способом перевідні коефіцієнти, що будуть відображати співвідношення між площею листка та добутком його довжини на ширину для різних сортів та гібридів міскантусу (*Miscanthus*).

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження з визначання площі листкової поверхні рослин міскантусу проводили на дослідних ділянках Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (м. Київ) протягом 2013–2016 рр. на гібридах 'Early Hybrids', 'Late Hybrids', 'New Hybrids' міскантусу китайського (*Miscanthus sinensis* Anderss) (німецької фірми «Jelitto») та сортах 'Місячний промінь' міскантусу китайського (*M. sinensis* Anderss) (ІБКіЦБ), 'Снігова королева' міскантусу цукроквіткового (*M. sacchariflorus* (Maxim.) Hack) (ІБКіЦБ), 'Осінній зорецьвіт' міскантусу гігантського (*M. giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson and Renvoize) (ІБКіЦБ).

Площу листкової поверхні визначали шляхом сканування не менше 1000 листків кожного генотипу щорічно [16]. Для цього в рядку, який знаходився на відстані не менше 3 м від країв облікової ділянки відбирали підряд щонайменше 10 рослин (без пропусків). Відібрані рослини зрізали й визначали кількість листків та їх розміри (довжину і ширину). Після вимірювання листки сканували і визначали фактичну площу листкової поверхні.

Аналіз відсканованих зображень листків здійснювали з використанням програми *AreaS 2.1*, розробленої А. М. Пермяковим у Самарській державній сільськогосподарській академії (Росія) [17]. Залежність площі листкової поверхні від розмірів листка визначали за допомогою кореляційного та регресійного аналізу.

У 2016 р. було проведено перевірку точності визначання площі листкової поверхні різними методами (розрахунковий та сканування). За контроль брали значення площі, отримані методом сканування листків. Для проведення перевірки було заміряно (довжину й ширину), а потім відскановано 1200 листків зі 120 рослин міскантусу.

### Результати досліджень

Застосувавши метод кореляційного аналізу було встановлено взаємозв'язки між лінійними розмірами листка та площею листкової поверхні для кожного з досліджуваних сортів та гібридів міскантусу (табл. 1).

Встановлено сильний кореляційний зв'язок між лінійними розмірами (довжиною та шириною) листків рослин міскантусу 'Early' ( $r = 0,712 \pm 0,077$ ), 'Late' ( $r = 0,756 \pm 0,068$ ) та 'Снігова королева' ( $r = 0,763 \pm 0,087$ ). Відмічено значний у гібрида 'New' ( $r = 0,517 \pm 0,089$ ) та помірний у сорту 'Осінній зорецьвіт' ( $r = 0,321 \pm 0,108$ ) кореляційний зв'язок.

Виявлено сильний кореляційний зв'язок між шириною листка та площею його поверхні для таких генотипів, як 'Early' ( $r = 0,871 \pm 0,054$ ), 'Late' ( $r = 0,904 \pm 0,044$ ), 'Місячний промінь' ( $r = 0,862 \pm 0,054$ ), 'Осінній зорецьвіт' ( $r = 0,888 \pm 0,052$ ), дуже сильний для сорту 'Снігова королева' ( $r = 0,993 \pm 0,049$ ) та значний для гібрида 'New' ( $r = 0,692 \pm 0,075$ ). Кореляційна залежність площі

листвоваї поверхні й довжини листка для більшості генотипів міскантусу також була сильною і коливалась від  $r = 0,744 \pm 0,09$  для сорту 'Снігова королева' до  $r = 0,926 \pm 0,039$  для гібрида 'New'. Для сорту селекції ІБКіЦБ НААН 'Осінній зорецьвіт' зв'язок площі листкової поверхні і довжини листка був значним ( $r = 0,548 \pm 0,095$ ).

Таблиця 1

**Коефіцієнти кореляції ( $r \pm Sr$ ) між довжиною і шириною листка залежно від генотипу рослин міскантусу**

| Параметри листка | Сорт/гібрид |             |             |                  |                  |                   |
|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|-------------------|
|                  | Early       | Late        | New         | Місячний промінь | Снігова королева | Осінній зорецьвіт |
| Ширина-Довжина   | 0,712±0,077 | 0,756±0,068 | 0,517±0,089 | 0,621±0,089      | 0,763±0,087      | 0,321±0,108       |
| Ширина-Площа     | 0,871±0,054 | 0,904±0,044 | 0,692±0,075 | 0,862±0,054      | 0,933±0,049      | 0,888±0,052       |
| Довжина-Площа    | 0,885±0,051 | 0,910±0,043 | 0,926±0,039 | 0,833±0,059      | 0,744±0,090      | 0,548±0,095       |
| Довжина*         |             |             |             |                  |                  |                   |
| Ширина-Площа     | 0,959±0,031 | 0,975±0,023 | 0,968±0,026 | 0,962±0,029      | 0,918±0,053      | 0,937±0,040       |

Незважаючи на наявність тісних зв'язків між лінійними розмірами листків міскантусу та площею їх листкової поверхні, найвищі коефіцієнти кореляції для усіх досліджуваних генотипів міскантусу відмічено між добутком довжини на ширину листка та його площею ( $r = 0,918...0,975$ ). Наявність кореляційного зв'язку такої сили свідчить про можливість точного визначання площі листкової поверхні через добуток довжини на ширину листка, при цьому відпадає необхідність зривати листок, щоб визначити його площу.

Отже, площу листка міскантусу можна визначити за формулою:

$$S = k \cdot L \cdot B, \tag{1}$$

де  $S$  – площа поверхні листка,  $\text{см}^2$ ;

$k$  – безрозмірний емпіричний коефіцієнт, що відображає співвідношення між площею листка та добутком його довжини на ширину;

$L$  та  $B$  – довжина та ширина листка,  $\text{см}$ .

Коефіцієнт  $k$  для різних сортів та гібридів міскантусу визначали емпіричним способом за допомогою регресивного аналізу експериментальних даних.

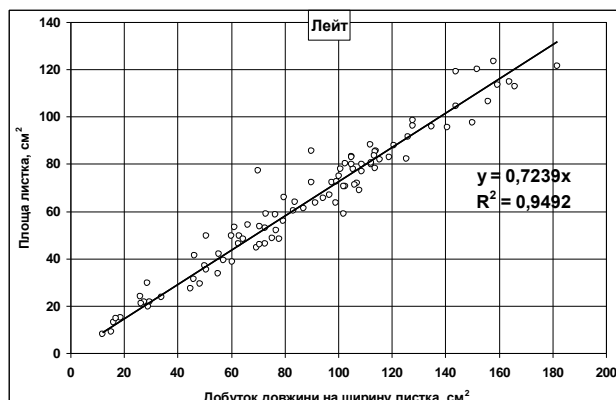
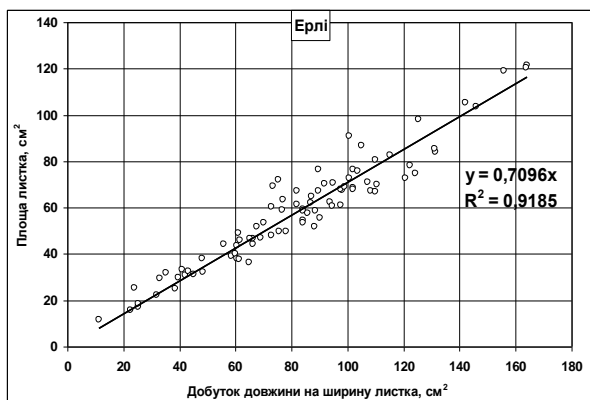
Як впливає з рисунку 1 між площею листкової поверхні та добутком довжини на ширину листка існує пряма лінійна залежність з коефіцієнтом детермінації  $R^2 = 0,8405...0,9492$ . Ця залежність описується рівнянням:

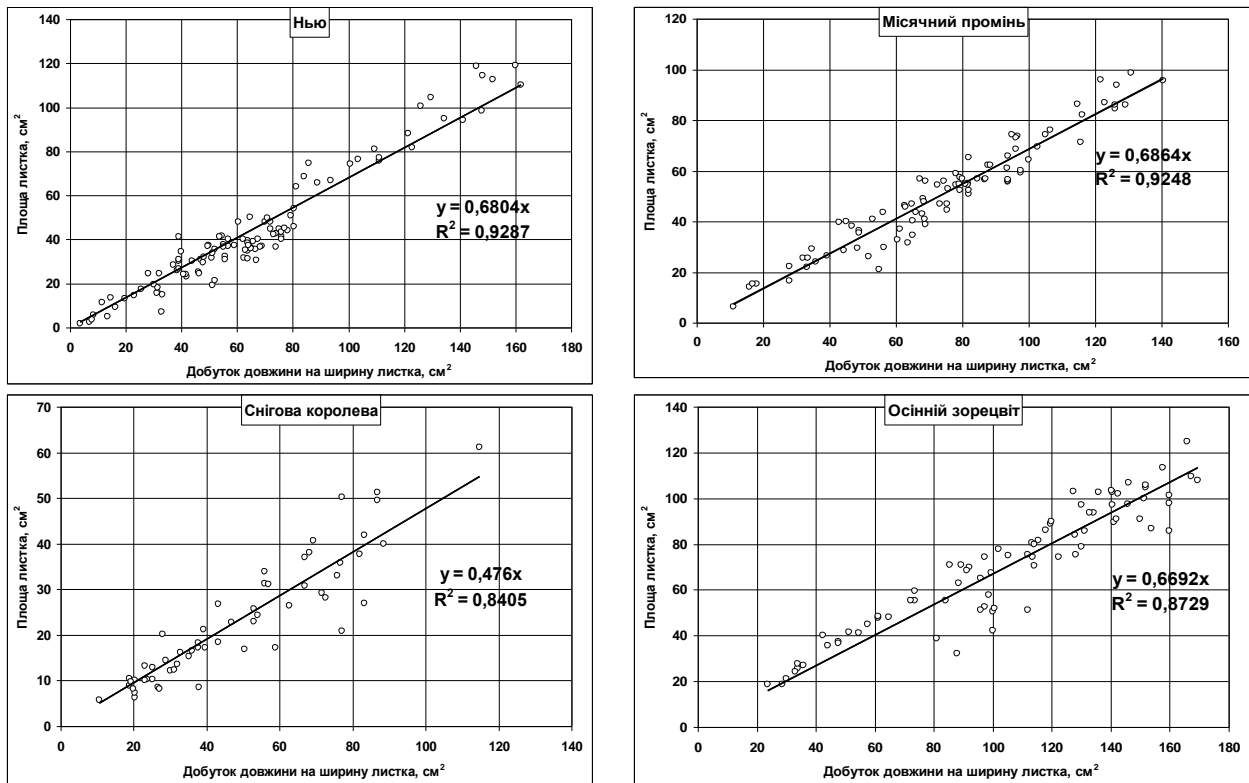
$$Y = k \cdot x, \tag{2}$$

де  $y$  – площа поверхні листка,  $\text{см}^2$ ;

$k$  – безрозмірний емпіричний коефіцієнт, що відображає співвідношення між площею листка та добутком його довжини на ширину;

$x$  – добуток довжини на ширину листка,  $\text{см}^2$ .





**Рис. 1. Залежність площі листкової поверхні різних генотипів міскантусу від добутку довжини листка на його ширину**

Результати аналізу (табл. 2) свідчать, що для листків міскантусу коефіцієнт  $k$  коливається від 0,476 (сорт 'Снігова королева') до 0,724 (гібрид 'Late'). Стандартна помилка при цьому не перевищує  $S_k = 0,029$ , а критерій істотності знаходиться в межах  $t_k = 16,3 \dots 43,6$ , що значно перевищує табличне значення  $t_{0,05} = 1,98$ . Отже, розрахункові значення коефіцієнтів  $k$  для всіх досліджуваних сортів та гібридів міскантусу є істотними.

Таблиця 2

**Результати регресійного аналізу залежно від генотипу рослин міскантусу**

| Сорт/гібрид       | Коефіцієнт регресії, $k$ | Стандартна помилка, $S_k$ | Критерій істотності, $t_k (t_{0,05} = 1,98)$ |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| Early             | 0,710                    | 0,022                     | 32,6   |
| Late              | 0,724                    | 0,017                     | 16,3   |
| New               | 0,680                    | 0,020                     | 32,1   |
| Місячний промінь  | 0,686                    | 0,021                     | 43,6   |
| Снігова королева  | 0,476                    | 0,029                     | 34,2   |
| Осінній зорецьвіт | 0,669                    | 0,027                     | 25,0   |

Таким чином, площу поверхні листкової пластини рослин міскантусу можна визначити скориставшись формулами, наведеними в таблиці 3.

Таблиця 3

**Формули для розрахунку площі листкової поверхні**

| Сорт/гібрид       | Коефіцієнт регресії $k$ | Формула для розрахунку площі поверхні листка |
|-------------------|-------------------------|--|
| Early             | 0,710±0,022             | $S = 0,710 \cdot L \cdot B$                  |
| Late              | 0,724±0,017             | $S = 0,724 \cdot L \cdot B$                  |
| New               | 0,680±0,020             | $S = 0,680 \cdot L \cdot B$                  |
| Місячний промінь  | 0,686±0,021             | $S = 0,686 \cdot L \cdot B$                  |
| Снігова королева  | 0,476±0,029             | $S = 0,476 \cdot L \cdot B$                  |
| Осінній зорецьвіт | 0,669±0,027             | $S = 0,669 \cdot L \cdot B$                  |

Слід зазначити, що для визначення площі листкової поверхні інших генотипів (які не наведені у таблиці 3) необхідно експериментальним шляхом встановити перевідний коефіцієнт  $k$ .

У 2016 р. після закінчення основної роботи над методикою було проведено перевірку точності визначання площі листкової поверхні різними методами (розрахунковий та сканування).

Результати перевірки свідчать, що розрахунковий метод визначання площі листкової поверхні для міскантусу є точнішим, і середня відносна похибка становить  $\pm 4,1\%$  (рис. 2).

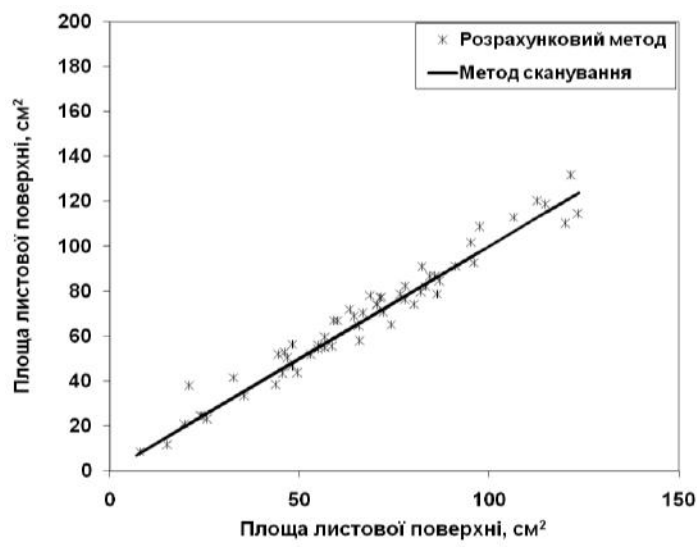


Рис. 2. Порівняння різних методів визначання площі поверхні листків міскантусу

## Висновки

Площу листкової поверхні різних сортів та гібридів міскантусу визначають розрахунковим методом, яка дорівнює добутку довжини, ширини листка та перевідного коефіцієнта форми листка:  $S = k \cdot L \cdot B$ , де  $k$  – перевідний коефіцієнт;  $L$  та  $B$  – довжина та ширина листка, см. Значення перевідного коефіцієнта для кожного сорту чи гібрида є індивідуальним і коливається від  $k = 0,476 \pm 0,029$  (сорт 'Снігова королева') до  $k = 0,724 \pm 0,017$  (гібрид 'Late'). Ця методика дає змогу без знищення рослин міскантусу визначати площу їх листків досить легко, швидко та з високою точністю (середня відносна похибка становить  $\pm 4,1\%$ ).

## Використана література

1. Ничипорович А. А. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. Москва : Изд-во ВАСХНИЛ, 1969. 93 с.
2. Макаренко Л. О. Визначення площі листкової поверхні сафлору морфометричним методом. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. Харків, 2016. Вип. 110. С. 185–191.
3. Способ определения площади листьев растений: пат. 2145410 Российская Федерация: МПК G01B5/26. № 98103702/28; заявл. 02.03.98; опубл. 10.02.2000.
4. Ганженко О. М. Методика визначання площі листкової поверхні цукрового сорго. *Наук. праці ІБКіЦБ* : зб. наук. пр. Київ, 2014. Вип. 22. С. 17–22.
5. Берсон Г. З., Назарова М. Л. Определение размера ассимиляционного аппарата томата расчетным способом. *Фундаментальные исследования*. 2008. № 8. С. 60–61.
6. Гизбуллин Н. Г. Методика определения площади листьев вегетирующих растений семенников свеклы. *Современные проблемы опытного дела* : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 6–9 июня 2000 г.). Санкт-Петербург : АФИ, 2000. Т. 1. С. 66–68.
7. Николенко В. В., Котов С. Ф. Методика определения площади листовой поверхности сортов декоративной земляники. *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2010. Вып. 2. С. 99–105.
8. Федоряко Н. И. Морфобиологические особенности и математическая интерпретация параметров листьев сортов земляники в условиях ЦЧР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05. «Селекция и семеноводство» / Мичуринский государственный аграрный университет. Мичуринск, 2004. 22 с.
9. Williams L., Martinson T. E. Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'De Chaunac' grapevines. *Sci Hortic*. 2003. Vol. 98. P. 493–498. doi: 10.1016/S0304-4238(03)00020-7
10. Montero F. J., de Juan J. A., Cuesta A., Brasa A. Nondestructive methods to estimate leaf area in *Vitis vinifera* L. *HortScience*. 2000. Vol. 35, No. 4. P. 696–698.

11. Stickler F., Wearden S., Pauli A. Leaf area determination in grain sorghum. *Agron. J.* 1961. Vol. 53. P. 187–188.
12. Конлов Н. Ф. Математические методы определения площади листьев растений. *Доклады ВАСХИИЛ.* 1970. № 9. С. 5–11.
13. Потапов В. А., Бобрович Л. В., Полянский Н. А., Андреева Н. В. Периметр и площадь листа. *Методика исследования и вариационная статистика в научном плодоводстве*: сб. докл. Межд. науч.-метод. конф. (г. Мичуринск, 25–26 марта 1998 г.). Мичуринск, 1998. Т. 1. С. 28–31.
14. Фулга И. Г. Изучение фотосинтетической поверхности растений. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1961. 179 с.
15. Соломко О. Б., Клочкова О. С., Цветков Г. В. Методика определения площади листьев. 2011. URL: <http://agrosbornik.ru/innovacii/106-2011-10-09-15-29-31.html>
16. Ганженко О. М., Курило В. Л., Гамандій В. Л. та ін. Методичні рекомендації з визначання площі листової поверхні цукрового сорго. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2014. 32 с.
17. Пермяков А. Н., Васин В. Г., Толпекин А. А., Зуев Е. В. Методика определения площади листьев с помощью программы определения площади «AREAS 2.1». Самара: Самарская ГСХА, 2002.

## References

1. Nichiporovich, A. A. (1969). *Metodicheskie ukazaniya po uchetu i kontrolyu vazhneyshikh pokazateley protsessov fotosinteticheskoy deyatel'nosti rasteniy v posevakh* [Methodical instructions on the accounting and control of the most important indicators of the processes of photosynthetic activity of plants in crops]. Moscow: VASKhNIL. [in Russian]
2. Makarenko, L. O. (2016). Determination of the leaf area in the safflower by morphometric method. *Selektsia i Nasinnitstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 110, 185–191. [in Ukrainian]
3. *Sposob opredeleniya ploshchadi list'ev rasteniy* [Method for determining leaf area of plants]: patent 2145410. Russian Federation: MPK G01V5/26. № 98103702/28. [in Russian]
4. Hanzhenko, O. M. (2014). Methodology for determining leaf area of sugar sorghum. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 22, 17–22. [in Ukrainian]
5. Berson, G. Z., & Nazarova, M. L. (2008). Determination of the size of the assimilation apparatus of tomato by calculation. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic research], 8, 60–61, [in Russian]
6. Hizbullin, N. H. (2000). Method for determining the leaf area of vegetative plants of testes of beets. In *Sovremennye problemy opytного dela* [Modern problems of an experienced case]: Proc. Int. Conf. (Vol. 1. pp. 66–68.). June 6–9, 2000, Saint Petersburg, Russian. [in Russian]
7. Nikolenko, V. V., & Kotov, S. F. (2010). Method for determining the area of the leaf surface of varieties of decorative strawberries. *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana* [Optimization and Protection of Ecosystems], 2, 99–105. [in Russian]
8. Fedoryako, N. I. (2004). *Morfobiologicheskie osobennosti i matematicheskaya interpretatsiya parametrov list'ev sortov zemlyaniki v usloviyakh TsChR* [Morphobiological features and mathematical interpretation of leaf parameters of strawberry varieties in conditions of TSCHR] (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russian. [in Russian]
9. Williams, L., & Martinson, T. E. Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'De Chaunac' grapevines. (2003). *Sci. Hortic.*, 98, 493–498. doi: 10.1016/S0304-4238(03)00020-7
10. Montero, F. J., de Juan, J. A., Cuesta, A., & Brasa, A. (2000). Nondestructive methods to estimate leaf area in *Vitis vinifera* L. *HortScience*, 35(4), 696–698.
11. Stickler, F., Wearden, S., & Pauli, A. (1961). Leaf area determination in grain Sorghum. *Agron. J.*, 53, 187–188.
12. Konlov, N. F. (1970). Mathematical methods for determining the area of leaves of plants. *Doklady VASKhNIL* [Proceedings of the Lenin Academy of Agricultural Sciences of the U.S.S.R.], 9, 5–11. [in Russian]
13. Potapov, V. A., Bobrovich, L. V., Polyanskiy, N. A., & Andreeva, N. V. (1998). Perimeter and leaf area. In *Metodika issledovaniya i variatsionnaya statistika v nauchnom plodovodstve: sbornik dokladov Mezhd. nauch.-metod. konf.* [Research methodology and variation statistics in scientific fruit growing: proceedings] (Vol. 1, pp. 28–31). March 25–26, 1998, Michurinsk, Russia. [in Russian]
14. Fulga, I. G. (1961). *Izuchenie fotosinteticheskoy poverkhnosti rasteniy* [Study of the photosynthetic surface of plants]. Kishinev: Kartya Moldovenyaske. [in Russian]
15. Solomko, O. B., Klochkova, O. S. & Tsvetkov, G. V. (2011). *Metodika opredeleniya ploshchadi list'ev* [Method for determining leaf area]. Retrieved from <http://agrosbornik.ru/innovacii/106-2011-10-09-15-29-31.html>. [in Russian]
16. Hanzhenko, O. M., Kurylo, V. L., Hamandii, V. L., Khivrych, O. B., Zikov, P. Yu., Kvak, V. M., ... Gerasimenko, L. A. (2014). *Metodychni rekomendatsii z vyznachannia ploshchi lystkovoї poverkhni tsukrovoho sorho* [Methodical recommendations for determining the area of the leaf surface of sugar sorghum]. Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]

17. Permyakov, A. N., Vasin, V. G., Tolpekin, A. A., & Zuev, E. V. (2002). *Metodika opredeleniya ploshchadi list'ev s potomshch' programmy opredeleniya ploshchadi «AREAS 2.1»* [Method for determining leaf area using the program for determining the area AREAS 2.1]. Samara: Samarskaya GSKhA. [in Russian]

УДК 633.282:631.524.82

**Квак В. М.\***, Ганженко А. Н., Зыков П. Ю., Хиврич А. Б. Методика определения площади листовой поверхности мискантуса // Новітні агротехнології. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228>.

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, \*e-mail: kvak-vm@ukr.net*

**Цель.** Разработать методику определения площади листовой поверхности методом измерения длины и ширины листа и определить эмпирическим способом переводные коэффициенты, которые будут отражать соотношение между площадью листа и произведением его длины на ширину для различных сортов и гибридов мискантуса (*Miscanthus*). **Методы.** Полевой, лабораторный, аналитический и статистический. **Результаты.** Известно ряд методов (высечок, расчетный, с помощью миллиметровой бумаги или сканера) определение площади листовой поверхности растений, однако они адаптированы под конкретные растения и не могут непосредственно быть использованы для определения площади листовой поверхности растений мискантуса. Поэтому в статье отражены результаты исследования по определению площади листовой поверхности растений мискантуса через произведения длины и ширины листа ( $L$  и  $B$ ) с учетом переводного коэффициента формы листа ( $k$ ). Установлены корреляционные зависимости ( $r = 0,918...0,975$ ) между площадью листовой поверхности и линейными размерами листа ( $L$  и  $B$ ), построены графики регрессии, на базе которых рассчитаны переводные коэффициенты формы листа для различных видов мискантуса. Проведена экспериментальная проверка и оценка точности определения площади поверхности листьев мискантуса различными методами: сканирование и расчетный метод. **Выводы.** Площадь листовой поверхности различных сортов и гибридов мискантуса определяют расчетным методом, равной произведению длины, ширины листа и переводного коэффициента формы листа:  $S = k \cdot L \cdot B$ , где  $k$  - переводной коэффициент формы листа;  $L$  и  $B$  - длина и ширина листа, см. Значение переводного коэффициента формы листа для каждого сорта или гибрида индивидуальное и колеблется от  $k = 0,476 \pm 0,029$  (сорт 'Снігова королева') в  $k = 0,724 \pm 0,017$  (гибрид 'Late'). Данная методика дает возможность без уничтожения растений мискантуса определять площадь их листьев достаточно легко, быстро и с высокой точностью (средняя относительная погрешность -  $\pm 4,1\%$ ).

**Ключевые слова:** мискантус, листовая поверхность, площадь листовой поверхности, переводной коэффициент формы листа, длина и ширина листа.

UDC 633.282:631.524.82

**Kvak, V. M.\***, Hanzhenko, O. M., Zykov, P. Yu., & Khivrych, O. B. (2017). Method for determination of leaf area in miscanthus. *Novitni agrotehnologii* [Advanced agritechologies], 5. Retrieved from <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228>. [in Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03110, Ukraine, \*e-mail: kvak-vm@ukr.net*

**Purpose.** To develop a technique for determining leaf area by measuring the length and width of a leaf and to determine empirically the conversion coefficients that will reflect the relationship between the leaf area and the product of its length and width for different varieties and hybrids of miscanthus. **Methods.** Field, laboratory, analytical and statistical. **Results.** A number of methods (cutting, calculation, using a millimetre paper or scanner) are known to determine the leaf area in plants; however they are adapted to specific plants and cannot be directly used to determine the leaf area of miscanthus plants. Leaf area of miscanthus plants can be determined by multiplying leaf length, leaf width ( $L$  and  $B$ ) and the leaf shape index ( $k$ ). Correlation between leaf area and linear dimensions of a leaf ( $L$  and  $B$ ) was found ( $r = 0.918...0.975$ ), graphs of regressions were obtained, based on which indices for different types of miscanthus leaf were calculated. Experimental verification and evaluation of the accuracy of determining the leaf area in miscanthus were carried out using different methods: scanning and the calculation method. **Conclusions.** Leaf surface of different varieties and hybrids of miscanthus can be determined by the calculation method, i.e. multiplying leaf length, leaf width [ $L$  (cm) and  $B$  (cm)] and the leaf shape index ( $k$ ) as follows:  $S = k \cdot L \cdot B$ . The value of the leaf shape index for each variety or hybrid is individual and ranges from  $k = 0.476 \pm 0,029$  (variety 'Snow Queen') to  $k = 0.724 \pm 0,017$  (hybrid 'Late'). This technique makes it possible to easily, quickly and accurate determine leaf area in miscanthus without destroying plants (average relative error is  $\pm 4.1\%$ ).

**Keywords:** miscanthus, leaf surface, leaf area, leaf shape index, length and leaf width.

Надійшла / Received 02.08.2017  
Погоджено до друку / Accepted 20.09.2017